

FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE LA INGENIERÍA (Grados en Mecánica y Tecnologías Industriales) - Febrero - 2014 - 1ª semana

PROBLEMA (2,5 puntos)

En un proceso en continuo de fabricación de yeso hemihidratado, se introducen en un horno, 0,5 t/h de mineral de selenita (sulfato cálcico dihidratado) del 85% de riqueza, con un 10% de humedad y otro 5% de materia inerte, que se calienta exteriormente a la temperatura adecuada.

- 1) ¿ Escriba la reacción en que se basa el proceso. ¿ Cual es la variación de energía libre estándar de la reacción?, demuestre que en estas condiciones la reacción no es espontánea
- 2) Cual sería la temperatura mínima para que la reacción sea termodinámicamente posible.
- 3) Calcule los flujos másico en kg/h de sólidos y de gases que salen del horno

DATOS: Los valores de ΔH° y ΔS° , de la selenita, del yeso hemihidratado y del agua, son respectivamente: - 2023 kJ/mol y 194 J/mol K; -1577 kJ/mol y 130 J/mol K; y -286 kJ/mol y 70 J/mol K. Estos valores no varían apreciablemente con la temperatura. Masas atómicas del H; O; S y Ca: 1,0; 16,0; 32,0 y 40,0 g/mol.

PREGUNTAS (5,0 puntos)

- 1.- Ordenar por orden creciente de sus puntos de congelación, las disoluciones que resultan al diluir en 1 L de agua 100 gramos de las siguientes sustancias: Glicerina ($C_3H_8O_3$); cloruro sódico cloruro cálcico
Datos: masa molar(g/mol): C= 12,0; O = 16,0; H = 1 ,0; Na = 23; Ca = 40; Cl = 35,5; N = 14; K, = 1 ,86°C.mol/Kg
 - a) cloruro sódico< cloruro cálcico< glicerina
 - b) glicerina< cloruro sódico< cloruro cálcico
 - c) glicerina< cloruro cálcico< cloruro sódico
 - d) cloruro sódico< glicerina<cloruro cálcico
- 2.- Para la reacción $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2 HI_{(g)}$, la $K = 55,3$ a una determinada temperatura T. En una mezcla formada por HI a 0,70 atm, $H_{2(g)}$ a 0,02 atm y $I_{2(g)}$ a 0,02 atm a la temperatura T, diga si:
 - a) el sistema esta en equilibrio
 - b) el sistema se desplaza hacia la izquierda
 - C) el sistema se desplaza a la derecha
 - d) es imposible esta reacción
- 3.- Indique cual es el agente oxidante mas fuerte
 - a) Au^{3+} $E^\circ(Au^{3+}/Au) = + 1,498 V$
 - b) Cl_2 $E^\circ(Cl_2/Cl^-) = 1,360 V$
 - C) Ag $E^\circ(Ag^+/Ag) = 0,799 V$
 - d) Br^- $E^\circ(Br_2/Br^-) = 1,065 V$Señale la opción correcta y justifique la respuesta
- 4.- El numero de moles que hay en una gota de acido sulfúrico que ocupa un volumen de 0,025 ml cuya densidad es 1,981 g/ml es:
 - a) $2 \cdot 10^{-3}$
 - b) $5 \cdot 10^{-4}$
 - c) $5 \cdot 10^{-2}$
 - d) $4 \cdot 10^{-2}$Datos: masa molar (g/mol) : S = 32; O = 16, H = 1
- 5.- La dureza temporal del agua está formada por sales cálcicas y magnésicas de:
 - a) sulfatos
 - b) nitritos
 - c) bicarbonatos
 - d) clorurosSeñale la opción correcta y represente su fórmula química
- 6.- El material aglomerante "mortero d cal" está formado por:
 - a) 1 parte de cal y 2 de cemento portland
 - b) 2 partes de cal y 1 de yso
 - c) 2 partes de cal y una de vidrio en polvo
 - d) 1 parte de cal y 3 de arenaSeñale la respuesta correcta y justifique la respuesta
- 7.- ¿Cuántos litros de agua destilada deben añadirse a 1 L de disolución acuosa de ácido clorhídrico de pH = 1 para obtener una disolución de pH = 2?
 - a) 0,1 L
 - b) 0,9 L
 - c) 2 L
 - d) 9 L
- 8.- La protección catódica de la corrosión, se realiza conectando eléctricamente el metal con otro — denominado electrodo de sacrificio — que es:
 - a) de mayor potencial de oxidación
 - b) de mayor potencial de reducción
 - c) de mayor densidad e igual potencial de oxidación+
 - d) de menor potencial de oxidaciónSeñale la opción correcta y justifique la respuesta
- 9.- Las fibras de poliamida son muy apreciadas en la industria por sus diferentes aplicaciones. Las mas utilizadas son:
 - a) la fibra de carbono y el nylon

- b) la fibra de acrilonitrilo y la Lycra
 c) la fibra de kevlar y la fibra de nomex
 d) la fibra de nylon y el tergal.

Señale la opción correcta y justifique la respuesta

10.- El etanol puede obtenerse en el laboratorio a partir de etileno y agua. Los litros de etanol que pueden obtenerse en esta reacción de adición a partir de 3 kilos de etileno son:

- a) 32,1 L b) 6,21 L c) 1 5,2 L d) 8,3 L

Datos: masa atómica (g/mol): C= 1 2,0; H= 1 ,0 ; O= 1 6,0. densidad etanol = 0,793 g/cc

TEMA (2,5 puntos)

El aluminio: fuentes. Metalurgia del aluminio

SOLUCIONES

PROBLEMA

En un proceso en continuo de fabricación de yeso hemihidratado, se introducen en un horno, 0,5 t/h de mineral de selenita (sulfato cálcico dihidratado) del 85% de riqueza, con un 10% de humedad y otro 5% de materia inerte, que se calienta exteriormente a la temperatura adecuada.

- 1) ¿ Escriba la reacción en que se basa el proceso. ¿ Cual es la variación de energía libre estándar de la reacción?, demuestre que en estas condiciones la reacción no es espontánea
- 2) Cual sería la temperatura mínima para que la reacción sea termodinámicamente posible.
- 3) Calcule los flujos másicos en kg/h de sólidos y de gases que salen del horno

DATOS: Los valores de ΔH° y ΔS° , de la selenita, del yeso hemihidratado y del agua, son respectivamente: - 2023 kJ/mol y 194 J/mol K; -1577 kJ/mol y 130 J/mol K; y -286 kJ/mol y 70 J/mol K. Estos valores no varían apreciablemente con la temperatura. Masas atómicas del H; O; S y Ca: 1,0; 16,0; 32,0 y 40,0 g/mol.

RESOLUCIÓN

La reacción de deshidratación de la selenita es: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}$

Para calcular el valor de ΔG° , hemos de utilizar la ecuación fundamental de la termodinámica :

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$$

Los valores de estas dos variables ΔH° y ΔS° los deducimos a partir de los datos que nos ofrecen ya que en ambos casos se trata de variables de estado, por lo que para ambas se cumple que:

$$\Delta H^\circ_{\text{REACCION}} = \Delta H^\circ_{\text{PRODUCTOS}} - \Delta H^\circ_{\text{REACTIVOS}}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{REACCION}} = - 1577 + 3/2 \cdot (- 286) - (- 2023) = + 17 \text{ KJ} ; \Delta H^\circ_{\text{REACCION}} = + 17000 \text{ Julios}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{REACCION}} = \Delta S^\circ_{\text{PRODUCTOS}} - \Delta S^\circ_{\text{REACTIVOS}}$$

$$\Delta S^\circ_{\text{REACCION}} = 130 + 3/2 \cdot 70 - 194 ; \Delta S^\circ_{\text{REACCION}} = + 41 \text{ Julios/}^\circ\text{K}$$

Y por tanto: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ = + 17000 - 298 \cdot 41 ; \Delta G^\circ = + 4782 \text{ Julios/mol}$

Por lo que como $\Delta G^\circ > 0$ la reacción no es termodinámicamente posible (espontánea)

B) Para que la reacción fuera espontánea en esas condiciones debería cumplirse que $\Delta G^\circ < 0$, por lo que será espontánea para cualquier temperatura superior a aquella en la cual $\Delta G^\circ = 0$, por tanto, tendremos:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ ; 0 = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ ; 0 = + 17000 - T \cdot 41 ; \Rightarrow T = 414,6^\circ\text{K} = 141,6^\circ\text{C}, \text{ por lo que la reacción es espontánea para } T > 414,6^\circ\text{K} = 141,6^\circ\text{C}$$

C) Para calcular los flujos másicos de salida hemos de tener en cuenta que en el horno solamente entra el mineral (500 Kg/h) el cual se descompone y sale en forma de gas (vapor de agua) tanto la humedad que lleva como el agua procedente de la reacción de descomposición de la selenita, mientras que en forma sólida salen el yeso hemihidratado y las impurezas que llevaba el mineral. Tanto el yeso que sale como el agua procedente de la reacción las obtenemos a partir de la estequiometría de la reacción, que es:

	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} +$	$\frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}$
Cantidades estequiométricas	1 mol = 172 g	1 mol = 145 g	3/2 mol = 27 g
Cantidades reaccionantes	425 Kg	X	Y

$$\text{De donde: } X = \frac{425 \cdot 145}{172} = 358,29 \text{ Kg de yeso que se obtiene}$$

$$Y = \frac{425.27}{172} = 66,71 \text{ Kg de agua que se obtienen en la reacción}$$

Mineral de entrada: 500 Kg/h
Selenita (85%) = 425 Kg/h
Humedad (10%) = 50 Kg/h
Inertes (5%) = 25 Kg/h

Productos que salen	
SÓLIDOS	GASES: Vapor de agua
Yeso = 358,29 Kg/h	De la humedad = 50,00 Kg/h
Inertes = 25 Kg/h	De la reacción = 66,71 Kg/h
TOTAL SÓLIDOS: 383,29 Kg/h	TOTAL GASES: 116,71 Kg/h

PREGUNTAS (5,0 puntos)

1.- Ordenar por orden creciente de sus puntos de congelación, las disoluciones que resultan al diluir en 1 L de agua 100 gramos de las siguientes sustancias: Glicerina ($C_3H_8O_3$); cloruro sódico cloruro cálcico

Datos: masa molar(g/mol): C = 12,0; O = 16,0; H = 1,0; Na = 23; Ca = 40; Cl = 35,5; N = 14; K, = 1,86°C.mol/Kg

- cloruro sódico < cloruro cálcico < glicerina
- glicerina < cloruro sódico < cloruro cálcico
- glicerina < cloruro cálcico < cloruro sódico
- cloruro sódico < glicerina < cloruro cálcico

RESOLUCIÓN

La Temperatura de congelación se determina por la fórmula: $\Delta T = k \cdot m$, donde m es la molalidad

Las Molalidades sde las tres sustancias dadas son: Glicerina: $m = \frac{100}{192} = 1,09 \text{ molal}$

NaCl : $m = \frac{100}{158,5} = 1,71 \text{ molal}$; $CaCl_2 = m = \frac{100}{111,1} = 0,90 \text{ molal}$ pero estos dos compuestos son iónicos puros

y por tanto, estarán completamente disociados:

NaCl $\rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$, es decir, cada mol de NaCl produce DOS moles de iones en su disolución, por lo que la molalidad "real de esa disolución será el doble: $1,71 \cdot 2 = 3,42 \text{ molal para el NaCl}$

$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2 \cdot Cl^-$, es decir, cada mol de $CaCl_2$ produce TRES moles de iones en su disolución, por lo que la molalidad "real de esa disolución será el triple: $0,90 \cdot 3 = 2,70 \text{ molal para el } CaCl_2$

Por tanto, las molalidades, y con ellas los descensos de la temperatura de congelación serán, de mayor a menor: NaCl > $CaCl_2$ > Glicerina por lo que las temperaturas de congelación seguirán el orden inverso, es decir: **glicerina < cloruro cálcico < cloruro sódico (Es la opción C)**

2.- Para la reacción $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2 HI_{(g)}$, la K = 55,3 a una determinada temperatura T. En una mezcla formada por HI a 0,70 atm, $H_{2(g)}$ a 0,02 atm y $I_{2(g)}$ a 0,02 atm a la temperatura T, diga si:

- el sistema esta en equilibrio
- el sistema se desplaza hacia la izquierda
- el sistema se desplaza a la derecha
- es imposible esta reacción

RESOLUCIÓN

Para predecir la evolución de la reacción, se calcula el cociente de reacción (Q) con la Constante Kc. Si es mayor que ésta, el equilibrio se desplazará a la izquierda, si es menor, a la derecha y si es igual, permanece en equilibrio.

Además, hemos de tener en cuenta que para este equilibrio $K_c = K_p$, pues $\Delta n = 0$ (2 moles de reactivos y otras dos de productos de la reacción)

$$Q = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = \frac{(0,70)^2}{(0,02) \cdot (0,02)} = 1225 ;$$

Por tanto, como $Q > K_c$ **el sistema se desplaza hacia la izquierda (Opción b)**

3.- Indique cual es el agente oxidante mas fuerte

- Au^{3+} $E^\circ(Au^{3+}/Au) = + 1,498 \text{ V}$
- Cl_2 $E^\circ(Cl_2/Cl^-) = + 1,360 \text{ V}$
- Ag $E^\circ(Ag^+/Ag) = 0,799 \text{ V}$
- Br^- $E^\circ(Br_2/Br^-) = 1,065 \text{ V}$

Señale la opción correcta y justifique la respuesta

RESOLUCIÓN

El poder oxidante de un electrodo viene determinado por el valor de su potencial de reducción, cuanto mayor sea éste, mayor será su poder oxidante. En este caso solamente tendremos que comparar los valores para el Au^{3+} y el Cl_2 , pues los que pueden ganar electrones para convertirse en Au^0 y Cl^- , respectivamente, ya que los otros dos

que nos dan (Ag^0 y Br^-) son las especies reducidas, por lo que no van a ganar más electrones.

De los dos dados, el de mayor potencial de reducción, por tanto el más oxidante, es el Au^{3+} ($E^\circ = +1,498 \text{ v}$) **pues es mayor que el del Cl_2 ($E^\circ = +1,360 \text{ v}$) (Opción a)**

4.- El número de moles que hay en una gota de ácido sulfúrico que ocupa un volumen de 0,025 ml cuya densidad es 1,981 g/ml es:

- a) $2 \cdot 10^{-3}$
- b) $5 \cdot 10^{-4}$
- c) $5 \cdot 10^{-2}$
- d) $4 \cdot 10^{-2}$

Datos: masa molar (g/mol) : S = 32; O = 16, H = 1

RESOLUCIÓN

La masa de esa gota es: $m = V \cdot d = 0,025 \cdot 1,981 = 0,049 \text{ g}$, en los que hay: $n = \frac{0,049}{98} = 5 \cdot 10^{-4}$ moles de

ác. Sulfúrico (Opción b).

5.- La dureza temporal del agua está formada por sales cálcicas y magnésicas de:

- a) sulfatos
- b) nitritos
- c) bicarbonatos
- d) cloruros

Señale la opción correcta y represente su fórmula química

RESOLUCIÓN

La dureza temporal del agua se debe a los iones bicarbonato (HCO_3^-) asociados a los iones Ca^{2+} y Mg^{2+}

(Opción c).

6.- El material aglomerante "mortero de cal" está formado por:

- a) 1 parte de cal y 2 de cemento portland
- b) 2 partes de cal y 1 de yeso
- c) 2 partes de cal y una de vidrio en polvo
- d) 1 parte de cal y 3 de arena

Señale la respuesta correcta y justifique la respuesta

RESOLUCIÓN

Aunque depende mucho del tipo de cal y de arena e incluso de para qué se vaya a utilizar, normalmente se mezclan en la proporción 1 parte de cal y 3 de arena **(Opción d).**

7.- ¿Cuántos litros de agua destilada deben añadirse a 1 L de disolución acuosa de ácido clorhídrico de pH = 1 para obtener una disolución de pH = 2?

- a) 0,1 L
- b) 0,9 L
- c) 2 L
- d) 9 L

RESOLUCIÓN

El HCl es un ácido fuerte y como tal está completamente disociado en sus disoluciones acuosas y dado que cada molécula de HCl produce un H^+ al disociarse, la concentración de éstos será la misma que tenía el ácido antes de disociarse.

Si el pH = 1 nos indica que $[\text{H}^+] = 10^{-1}$ Por lo que sería también $[\text{HCl}] = 10^{-1}$
Y Si el pH = 2 nos indica que $[\text{H}^+] = 10^{-2}$ Por lo que también sería inicialmente $[\text{HCl}] = 10^{-1}$

Puesto que la Molaridad es: $M = \frac{n^\circ \text{ moles SOLUTO}}{L_{\text{DISOLUCION}}}$ de donde: $n^\circ \text{ moles SOLUTO} = M \cdot L_{\text{DISOLUCION}}$ y el

n° de moles de soluto es el mismo en ambos casos (solamente se le añade agua) resultará que $M_1 \cdot L_1 = M_2 \cdot L_2$:

En este caso: $10^{-1} \cdot 1 = 10^{-2} \cdot L$; $L = 10$ litros, que es el volumen de la segunda disolución, por lo que dado que teníamos un volumen de 1 litro, **le tendremos que añadir 9 L de agua destilada (Opción d)**

8.- La protección catódica de la corrosión, se realiza conectando eléctricamente el metal con otro — denominado electrodo de sacrificio — que es:

- a) de mayor potencial de oxidación
- b) de mayor potencial de reducción
- c) de mayor densidad e igual potencial de oxidación
- d) de menor potencial de oxidación

Señale la opción correcta y justifique la respuesta

RESOLUCIÓN

El electrodo de sacrificio debe ser un metal que se oxide con mayor facilidad que el metal de la estructura a proteger, es decir que tenga un potencial de reducción menor (Normalmente las tablas de potenciales suelen ser de reducción)

es decir, **con mayor potencial de oxidación (Opción a)**

9.- Las fibras de poliamida son muy apreciadas en la industria por sus diferentes aplicaciones. Las mas utilizadas son:

- a) la fibra de carbono y el nylon
- b) la fibra de acrilonitrilo y la Lycra
- c) la fibra de kevlar y la fibra de nomex
- d) la fibra de nylon y el tergal.

Señale la opción correcta y justifique la respuesta

RESOLUCIÓN

La fibra de carbono, la Lycra y el tergal no son fibras de poliamida. **(Opción c)**

10.- El etanol puede obtenerse en el laboratorio a partir de etileno y agua. Los litros de etanol que pueden obtenerse en esta reacción de adición a partir de 3 kilos de etileno son:

- a) 32,1 L
- b) 6,21 L
- c) 1 5,2 L
- d) 8,3 L

Datos: masa atómica (g/mol): C= 1 2,0; H= 1 ,0 ; O= 1 6,0. densidad etanol = 0,793 g/cc

RESOLUCIÓN

La obtención de etanol a partir de etileno y agua se produce de acuerdo con la reacción;

$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$. En ella vemos que por cada mol de etileno se obtiene 1 mol de etanol.

El nº de moles de etileno de partida son: $n_{\text{ETILENO}} = \frac{3000}{28} = 107,14$ moles de etileno, que producirán 107,14 moles

de etanol, con una masa de: $107,14 \cdot 46 = 4928,6$ g de etanol==> $\frac{4928.6}{0.793} = 6215$ mL = **6,215 Litros (Opción b)**

TEMA (2,5 puntos)

El aluminio: fuentes. Metalurgia del aluminio

(Ver pág 449 y siguientes del texto recomendado)